

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-23550

(43) 公開日 平成8年(1996)1月23日

(51) Int.Cl.⁶

H04N 11/04

G06T 9/00

H03M 7/30

H04N 1/41

識別記号

A 9185-5C

Z 9382-5K

C

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G06F 15/66

330 B

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全21頁)

(21) 出願番号 特願平6-180830

(22) 出願日 平成6年(1994)7月8日

(71) 出願人 000004329

日本ビクター株式会社

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地

(72) 発明者 穂積 芳子

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地
日本ビクター株式会社内

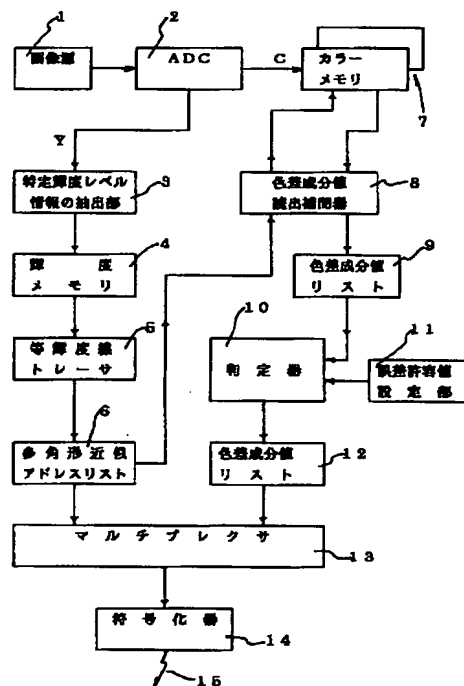
(74) 代理人 弁理士 今間 孝生

(54) 【発明の名称】 カラー画像の圧縮伸張方法

(57) 【要約】

【目的】 画像伝送量が大巾に削減できるカラー画像圧縮伸張方法を提供する。

【構成】 カラー画像を構成している輝度成分と色差成分との内の輝度成分における予め定められた特定輝度値毎に設定された等輝度線について特定な条件に合う特徴点の位置と輝度値と、前記した輝度成分の特徴点の位置の色差成分値とを伝送、記録、画像復元に用い、また、前記の等輝度線の各特徴点における各色差成分値について許容値を設定して、特徴点における色差成分値が許容値を超えない場合には、その特徴点の色差成分値を、その特徴点の前の特徴点の色差成分値と同じ値として、色差成分値の発生頻度を減少させる。それにより伝送情報量が削減でき、色ずれ等による画像品質の劣化をなくすることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 カラー画像を構成している輝度成分と色差成分との内の輝度成分における予め定められた特定輝度値毎に設定された等輝度線について特定な条件に合う特徴点の位置と輝度値とを伝送、記録、画像復元に用いるとともに、前記したカラー画像における色差成分の特徴点の位置も、前記した輝度成分の特徴点の位置と同じにして、その位置の色差成分値を伝送、記録、画像復元に用いるようにしたカラー画像の圧縮伸張方法。

【請求項2】 カラー画像を構成している輝度成分と色差成分との内の輝度成分における予め定められた特定輝度値毎に設定された等輝度線について特定な条件に合う特徴点の位置と輝度値とを伝送、記録、画像復元に用いるとともに、前記したカラー画像における色差成分の特徴点の位置も、前記した輝度成分の特徴点の位置と同じにして、その位置の色差成分値を伝送、記録、画像復元に用いるようにしたカラー画像の圧縮伸張方法において、等輝度線の各特徴点における各色差成分値について許容値を設定し、特徴点における色差成分値が許容値を超えない場合には、その特徴点の色差成分値を、その特徴点の前の特徴点の色差成分値と同じ値として、色差成分値の発生頻度を減少させるようにしたカラー画像の圧縮伸張方法。

【請求項3】 差分法を適用して得た色差成分値群を用いる請求項1または請求項2のいずれかのカラー画像の圧縮伸張方法。

【請求項4】 対数差分法を適用して得た色差成分値群を用いる請求項1または請求項2のいずれかのカラー画像の圧縮伸張方法。

【請求項5】 ベクトル量子化法を適用して得た色差成分値群を用いる請求項1または請求項2のいずれかのカラー画像の圧縮伸張方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はカラー画像の圧縮伸張方法、特に、異機種間における画像伝送のように圧縮側と伸張側での画素対応、または時間軸上でのフレーム対応が保証されない系で、高効率なカラー画像伸張を行なうことができるカラー画像の圧縮伸張方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 画像情報の圧縮については従来から各種の方式が提案されて来ている。例えばデジタル信号化した画像信号の各サンプル値に対して信号レベルを均等に分割して、それぞれの範囲に含まれる値を一つの代表値で置き換える直線量子化(均等量子化)手段を採用した場合に、代表点と本来の値との差が判らないようにする場合に一般に自然画像については6ビット(64階調)から8ビット(256階調)が必要であるとされているから、画像信号を前記したような均等量子化によりデジタル化した信号をそのまま記録しようとすると、各サンプル値

に対して前記のような多くの情報量を扱うことが必要とされる。

【0003】 それで、より少ない情報量で信号を符号化するのに、人間の視覚、その他の感覚の特徴、例えば、信号の変化の少ない部分では変化に対して敏感であり、信号の変化の激しい部分においてはある程度の誤差があっても、それを検知し難いという人間の視覚や聴覚の性質を利用したり、あるいは記録の対象にされている情報信号における時空間軸上での相関を利用して、例えば画像を画素に分解した後に各画素の輝度値の隣接相関の高さを利用して原情報の近似値の少数を伝送したり、あるいは画素間差分あるいはフレーム間差分を伝送したり、または高周波数成分が少ないことを利用して周波数要素の削減を行なったりして、各サンプルあたりの情報量を少なくするようにした各種の高効率符号化方式を適用してデータ量の圧縮を行なったデジタル・データを記録、伝送、送信し、また、前記のようにデータ量の圧縮されたデジタル・データを再生、受信した後にデータの伸張を行なって画像の復元をすることが従来から行なわれていることは周知のとおりである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 そして、前記した従来の一般的な画像情報の圧縮方式では、分解された画素の復元が良好に行なわれることを重要視していることから、原画像と復元された画像(伸張画像)間での画素数が一致していることを条件としている場合が多く、したがって異なる画素数の画像間で圧縮伸張動作が行なわれる場合には、別途に伸張後における画素の補間や間引きなどを行なうことが必要とされる。すなわち、従来の画像情報の圧縮方式においては、真の有効情報のみが抽出されて、それが復元されているわけではなく、従来の画像情報の圧縮方式では、ある程度、物理的な画像構成要素に依存している方式になっていることを意味しており、原画像と復元された画像(伸張画像)との間での画素数が一致していることを条件にしている従来の一般的な画像情報の圧縮方式では圧縮率を高くできないということが問題になる。

【0005】 それで本出願人会社では、先に、前記の問題を解決するために、特願平5-39492号において、画像情報処理の対象にされている画像における画素密度の高低に拘らずに、画像の持つ特徴点のみを抽出して画像情報の圧縮された画像データを得て、伸張に際しては前記した画像データから画素復元を行なうのではなく、別の画素密度面に新画像が描画できるように、2次元的に分布する輝度情報や、2次元的に分布する輝度情報の画像情報に時間軸をも含む3次元的に分布する画像情報について、前記した画像情報の輝度関数の等輝度線の曲率の正負の極大点、あるいは等輝度面の曲率の正負の極大点を特徴点としたり、または輝度関数の等輝度線を直線近似した直線と前記した輝度関数の等輝度線との

誤差、あるいは輝度関数の等輝度面を平面近似した平面と前記した輝度関数の等輝度面との誤差が、予め定められた閾値を越えた点を画像の特徴点として、前記した画像の特徴点の位置と輝度値とを伝送、記録し、前記の特徴点の位置と輝度値とを画像復元に用いる場合に、伸張に際して近傍の複数の特徴点によって決定される補間面または補間立体により特徴点以外の画素の輝度情報を決定し、また、2次元的に分布する輝度情報の画像情報に時間軸をも含む3次元的に分布する画像情報の内から、前記の2次元的に分布する輝度情報の複数組を対象とし、前記の各組の輝度関数の等輝度線の曲率の正負の極大値、または前記の各組の輝度関数の等輝度線を直線近似した直線と前記した輝度関数の等輝度線との誤差が、予め定められた閾値を越えた点を画像の特徴点として、前記した画像の特徴点の位置と輝度値とを伝送、記録、画像復元に用いる場合に、伸張に際して近傍の複数の特徴点によって決定される補間立体により特徴点以外の画素の輝度情報を決定するようにした多次元画像圧縮伸張方式を提供した。

【0006】ところで、画像がカラー画像の場合には、カラー画像を、例えば3つの原色画像成分に分けたり、あるいは輝度成分と色差成分とに分けて、記録再生、伝送、信号処理等を行なうことは従来から広く行なわれて来ており、カラー画像の圧縮伸張に際しても、カラー画像を、例えば3つの原色画像成分に分けたり、あるいは輝度成分と色差成分とに分けて、前記の複数の信号成分を個別に符号化復号化することも一般的に行なわれているのであるが、前記のようにカラー画像の圧縮伸張に当って、輝度成分と色差成分とを個別に符号化復号化した場合には、輝度成分と色差成分とのそれぞれに別個の符号が割当てられるために、符号量を一定量以下に抑えることができない。そして前記の問題は、カラー画像の圧縮伸張に際して、本出願人会社により特願平5-39492号によって提案された前記したような画像の圧縮伸張の手法を、単に適用したところで解決することが困難である他、カラー画像を構成している複数の画像成分毎に、それぞれの等輝度線の抽出を行なって、各別の特徴点を決定した場合には、特徴点数が増大し、また、情報圧縮のために行なう多角形近似により画像成分間に色ずれが生じるという問題があり、その解決策が求められた。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、カラー画像を構成している輝度成分と色差成分との内の輝度成分における予め定められた特定輝度値毎に設定された等輝度線について特定な条件に合う特徴点の位置と輝度値とを伝送、記録、画像復元に用いるとともに、前記したカラー画像における色差成分の特徴点の位置も、前記した輝度成分の特徴点の位置と同じにして、その位置の色差成分値を伝送、記録、画像復元に用いるようにしたカラー画

像の圧縮伸張方法、及びカラー画像を構成している輝度成分と色差成分との内の輝度成分における予め定められた特定輝度値毎に設定された等輝度線について特定な条件に合う特徴点の位置と輝度値とを伝送、記録、画像復元に用いるとともに、前記したカラー画像における色差成分の特徴点の位置も、前記した輝度成分の特徴点の位置と同じにして、その位置の色差成分値を伝送、記録、画像復元に用いるようにしたカラー画像の圧縮伸張方法において、等輝度線の各特徴点における各色差成分値について許容値を設定し、特徴点における色差成分値が許容値を超えない場合には、その特徴点の色差成分値を、その特徴点の前の特徴点の色差成分値と同じ値として、色差成分値の発生頻度を減少させるようにしたカラー画像の圧縮伸張方法を提供する。

【0008】

【作用】カラー画像を構成している輝度成分と色差成分との内の輝度成分における予め定められた特定輝度値毎に設定された等輝度線について特定な条件に合う特徴点の位置と輝度値と、前記した輝度成分の特徴点の位置の色差成分値とを伝送、記録、画像復元に用いる。また、等輝度線の各特徴点における各色差成分値について許容値を設定して、特徴点における色差成分値が許容値を超えない場合には、その特徴点の色差成分値を、その特徴点の前の特徴点の色差成分値と同じ値として、色差成分値の発生頻度を減少させる。

【0009】

【実施例】以下、添付図面を参照して本発明のカラー画像の圧縮伸張方法の具体的な内容を詳細に説明する。図1乃至図3は本発明のカラー画像の圧縮伸張方法を適用して構成したカラー画像の圧縮伸張装置における圧縮側装置の構成例を示すブロック図、図4は本発明のカラー画像の圧縮伸張方法を適用して構成したカラー画像の圧縮伸張装置における伸張側装置の構成例を示すブロック図、図5乃至図12は本発明のカラー画像の圧縮伸張方法の構成原理や動作原理の説明に用いられる図である。

【0010】本発明のカラー画像の圧縮伸張方法を適用したカラー画像の圧縮伸張装置における圧縮側装置の構成例を示している図1乃至図3において、画像源1はカラー画像信号源であり、この画像源1からは圧縮の対象にされているカラー画像を構成している輝度成分（輝度信号）と色差成分（色差信号）とが出力されている。画像源1から送出された輝度成分と色差成分とは、アナログデジタル変換器2によってそれぞれ所定のビット数のデジタル信号とされる。前記のアナログデジタル変換器2によってデジタル信号に変換された輝度成分Yは、特定輝度レベル情報の抽出部3に与えられ、また前記のアナログデジタル変換器2によってデジタル信号に変換された色差成分Cは、カラーメモリ7に供給される。

【0011】本発明のカラー画像の圧縮伸張方法は、カラー画像を構成している輝度成分と色差成分とにおける

特定輝度値毎に設定された等輝度線について特定な条件に合う特徴点の位置と輝度値と、前記した輝度成分の特徴点の位置の色差成分値とを伝送、記録、画像復元に用いるようにし、また前記の等輝度線の各特徴点における各色差成分値について許容値を設定して、特徴点における色差成分値が許容値を超えない場合には、その特徴点の色差成分値を、その特徴点の前の特徴点の色差成分値と同じ値として、色差成分値の発生頻度を減少させることができるようにしたものであるから、ここでまずカラー画像を構成している輝度成分と色差成分との内の輝度成分における予め定められた特定輝度値毎に設定された等輝度線について特定な条件に合う特徴点の位置と輝度値とによって圧縮された画像データを得たり、前記の画像データを伸張したりする手段について説明する。

【0012】今、圧縮の対象にされた原カラー画像の輝度成分における特定な輝度値を示す等輝度面が図13によって表わされるものであった場合を例にとり、多値静止画像の圧縮伸張を行なう場合を例にとりて説明すると次のとおりである。図13において、点線で囲まれている画素は、等輝度面の輝度値よりも輝度値が高い白画素であり、また、実線で囲まれている斜線が引いてある画素は、等輝度面の輝度値よりも輝度値の低い黒画素であるとされており、前記した図13中に示されている画素群について、特開平5-35872号公報に開示されているような2値画像の輪郭追跡方式を適用し、白画素と黒画素との境界線を追跡すると、図14に示されているような画像の輪郭が求められる。

【0013】前記した境界線の追跡は、まず、ラスターの走査順に従って画面の左上隅から走査を開始して走査を実施して行くと、図13中に最初の境界と指示してある最初の境界が発見される。前記の点を始点として追跡を開始するときに、追跡方向の左側に高輝度面がくるようにした場合に、追跡開始方向が水平走査方向に一致する場合(CW…時計まわり)と、追跡開始方向が垂直走査方向に一致する場合(CCW…反時計まわり)との何れかとなる。図14中には追跡等輝度線毎に、追跡方向種別フラグ(CW, CCW)が付されている。そして前記の図14に例示されているように、画像の輝度成分における予め定められた特定輝度値毎に画素の輪郭を追跡して得た後に、追跡開始方向が垂直走査方向に一致する場合(CCW…反時計まわり)の等輝度線は、追跡方向の左側に画素中心位置までシフトさせ、また追跡開始方向が水平走査方向に一致する場合(CW…時計まわり)の等輝度線は、追跡方向の右側に画素中心位置までシフトさせて、図15に例示するように前記した特定輝度境界を構成する各画素の中心位置に、特定等輝度線通過点座標を移動させる。それにより、画素の輪郭を追跡して得た特定輝度境界に基づいて再生像を得た場合に、追跡方向に関して特定な側に1画素分の黒画素を生じさせて画質の劣化を起こさせていた問題点は良好に改善でき

る。

【0014】次に始点を固定して、その始点から等輝度線上の画素を逐次、仮想直線で連結して行き、その仮想直線と、その間に存在する実画素との距離が、予め定められた誤差許容範囲を超えた実画素を特徴点画素として登録する。そして、前記のように特徴点画素が見つかった場合には、その特徴点画素を新たな始点として、その新たな始点から等輝度線上の画素を逐次、仮想直線で連結して行き、その仮想直線と、その間に存在する実画素との距離が、予め定められた誤差許容範囲を超えた実画素を特徴点画素として登録し、以下、次々の特徴点画素を次々の始点として、順次の特徴点を見付けて登録して行くと、前記のように順次に求められた特徴点を連結して得られる新等輝度線は、図16中に例示されるようなものになる。

【0015】前記のような作業を、それぞれ異なる輝度値を有する等輝度面毎に実施することにより、原カラー画像の輝度成分は、等輝度線の特徴点群のデータに縮退されるので画像情報の圧縮が行なわれることになる。そして前記したカラー画像における等輝度線上の特徴点の位置と輝度値とは、原カラー画像における輝度情報が高能率圧縮された情報として伝送、記録、画像復原等に用いられるのであり、前記した画像の特徴点の位置と輝度値とに基づいて、伸張側では等輝度線を容易に描画されて復原できる。そして、伸張側で復原される等輝度線は、端点(特徴点)指定ベクトルによって描画されるために、伸張側に設けられている画像メモリの画素密度が、圧縮側に設けられている画像メモリの画素密度は異なっている、伸張側で復原される等輝度線の形状は、前記のような物理的な条件には殆ど左右されない。

【0016】前記のように、特定等輝度線毎に得た特定な条件に合う画像の輝度成分の特徴点の位置と輝度値との情報に高能率圧縮された情報を、伸張して再生像を得るのに際して、特定な輝度値毎の等輝度線を得るための閾値毎に、前記の等輝度線を境界とする明領域を明記号で塗りつぶすとともに、前記の等輝度線を境界とする暗領域を暗記号で塗りつぶして明暗2値記号によるマスクを作成する。図17は伸張側においてある特定な輝度値における等輝度線が通過した画素と、追跡方向の右側(低輝度側)の領域を塗りつぶして作成したマスクである。

【0017】前記のように等輝度線を境界として明暗2値記号によるマスクを作成することによって、等輝度線(または等輝度面)を多角形(または多角体)近似し、伸張に際して特徴点を結ぶ直線によって多角形近似(または多角体近似)された等輝度線(または等輝度面)における近傍の複数の特徴点によって決定される補間面(または補間立体)によって、特徴点以外の画素の輝度情報を決定する場合にも、等輝度線(または等輝度面)間で輝度順序の逆転を生じることがなく、したがって、

画像における輝度分布に異常な状態を生じさせて画質の劣化を起こすこともない。

【0018】図18は8ビットのデジタル輝度信号によって、画像の輝度の階調が256（000～255）とされていた場合に、図18の（b）中に示されているように、特定の輝度値を閾値とする1番目～8番目の閾値によって、前記した256階調の輝度を、9種類の輝度階調にする9種類のマスクを構成させる場合の例を示している。また、図19は輝度階調が256であった原カラー画像について、前記した図18の（b）中に示されているマスク番号と対応するマスク番号のマスクを作成した場合の例を示している。図19において、マスク1と表示されている画面は、全体が白となっているが、図18の（b）中に示されているように、マスク1は閾値が256階調中の30と対応する輝度値に設定されていて、前記の閾値よりも画像の輝度値が高い部分は白く塗りつぶされ、また前記の閾値よりも画像の輝度値が低い部分は黒く塗りつぶされた状態のマスクが作成されるから、図19中のマスク1と表示されている画面の全体が白で示されているということは、圧縮の対象にしている画像中には256階調中の30と対応する輝度値よりも低い部分が存在しないことを意味している。

【0019】また、図19においてマスク8と表示されている画面は、全体が黒となっているが、図18の（b）中に示されているように、マスク8は閾値が256階調中の240と対応する輝度値に設定されていて、前記の閾値よりも画像の輝度値が高い部分は白く塗りつ

マスク番号0	→	輝度値0	～第1の等輝度値	の画素
マスク番号1	→	第1の等輝度値	～第2の等輝度値	の画素
マスク番号2	→	第2の等輝度値	～第3の等輝度値	の画素
マスク番号3	→	第3の等輝度値	～第4の等輝度値	の画素
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
マスク番号i	→	第iの等輝度値	～第i+1の等輝度値	の画素
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
マスク番号n	→	第nの等輝度値	～第255	の画素

のように示されることになる。すなわち、前記のようにn個のマスクが作成されるようにすれば、輝度0から輝度255までに分布する各画素の輝度値は、n+1個のカテゴリに分類されることになる。前記した図18の（b）の例はn=8の場合の例である。

【0022】そして、前記した各カテゴリに含まれる画素の輝度を、その輝度範囲の中間代表値で示すと、前記した図18の（b）及び図19の例では9レベルの等輝度線が再現されることになる。次に、前記の複数の等輝度線の内、隣接する2つの等輝度線上から近傍の3画素を選び、前記の3画素が形作る補間面で、前記した2つの等輝度線間の輝度を補間すると、1次元的な表示によって例えば図23の（a）で示されるような状態のものが得られる。さて、原画像が256階調であったのに、例えば前記の例では輝度レベルが9個というように

ぶされ、また前記の閾値よりも画像の輝度値が低い部分は黒く塗りつぶされた状態のマスクが作成されるから、図19中のマスク8と表示されている画面の全体が黒で示されているということは、圧縮の対象にしている画像中には256階調中の240と対応する輝度値よりも高い部分が存在しないことを意味している。さらに、図19においてマスク2～7と表示されている画面は、図面中の一部が黒となっているが、このことはマスク2～7を作成するのに使用されている各閾値よりも高い輝度値と低い輝度値とが、圧縮の対象にされている画像中に混在していることを意味している。

【0020】そして図18の（b）及び図19中に示されている各マスク番号で表示されている複数のマスクを重ね合わせると、輝度が9階調の画像が再現されることになるが、今、図18の（b）及び図19中に示されている各マスク番号で表示されているそれぞれのマスクにおいて、白く塗りつぶされた部分の輝度値を、それぞれのマスク番号の数値で表わすということにして、図19中でマスク番号1～マスク番号8で示されている複数のマスクを重ね合わせた状態で得られる画像の輝度分布を、数値の分布によって示したのが図20である。

【0021】図18の（b）においては、8ビットのデジタル輝度信号で示される256階調の輝度が、マスク番号0～マスク番号8で定められたそれぞれの閾値に対応する輝度値に圧縮された状態になっている。一般的には、マスク群がn個のマスクであったとして、

縮退した輝度階調にされた状態での補間により画像伸張が行なわれるようにしたのは、再現される画像の品質が充分ではない。

【0023】そこで、再現される画像の品質の向上のために、輝度値の補間再現に当って、補間端点の輝度値を、前記のような単純なカテゴリの中間値とすることなく、前記のマスクを閾値による輝度値の大きさの順序に配列し、隣接するマスクの間の領域を、前記した隣接する両マスクの閾値による輝度値の中間値で塗りつぶした後に、各画素の輝度値が、前記の各画素をそれぞれ中心画素とする周囲8画素の輝度値との関係が、（1）周囲の画素の輝度値が、中心画素の輝度値と等しいときには、中心画素の輝度値を未定とする、（2）周囲の画素の輝度値が、中心画素の輝度値より高くないときには、中心画素の輝度値を「隣接する両マスクの閾値による輝

度値の中間値 $-a$ 」(ただし、 a は正の値)とする。

(3) 周囲の画素の輝度値が、中心画素の輝度値より低いときには、中心画素の輝度値を「隣接する両マスクの閾値による輝度値の中間値 $+a$ 」とする、(4) 周囲の画素の輝度値と中心画素の輝度値との関係が、前記の(1)~(3)の関係以外の場合には、隣接する両マスクの閾値による輝度値の中間値とする、という前記の(1)~(4)に示した条件の何れに該当しているのかに応じて決定するようにして、再現される画像の品質を向上できるようにする。

【0024】中心画素と、その周囲8画素の輝度値との関係が、前記した(1)~(4)の場合の具体例は、図20中に示してある4個の点線枠で包囲してある各9個ずつの画素群によって示されており、前記した図20中に示してある4個の点線枠は、判かり易いように取り出して図21として示してある。ところで、中心画素と、その周囲8画素の輝度値との関係が、前記した(1)の場合、すなわち周囲の画素の輝度値が、中心画素の輝度値と等しいときには、中心画素の輝度値を未定とする、
 50 場合の例は、図21における最左端に図示してある点線枠中の9個の画素によって示してあり、前記の9個の画素の輝度値は同一の数値4である。この場合における中心画素の輝度値は「不定」とされ、図22以降の図中では図示の簡略化のために、「不定」ということを「・」の記号を用いて示すことにしている。

【0025】また中心画素と、その周囲8画素の輝度値との関係が、前記した(2)の場合、すなわち周囲の画素の輝度値が、中心画素の輝度値より高くないときには、中心画素の輝度値を「隣接する両マスクの閾値による輝度値の中間値 $-a$ 」(ただし、 a は正の値)とする、
 30 場合の例は、図21における左から2番目に図示してある点線枠中の9個の画素によって示されているが、このような場合における中心画素の輝度値は「低」とされ、図22以降の図中では図示の簡略化のために、中心画素の輝度が「低」の状態を「-」の記号を用いて示すことにしている。

【0026】さらに、中心画素と、その周囲8画素の輝度値との関係が、前記した(3)の場合、すなわち、周囲の画素の輝度値が、中心画素の輝度値より低くないときには、中心画素の輝度値を「隣接する両マスクの閾値による輝度値の中間値 $+a$ 」とする、
 40 場合の例は、図21における左から3番目に図示してある点線枠中の9個の画素によって示されているが、このような場合における中心画素の輝度値は「高」とされ、図22以降の図中では図示の簡略化のために、中心画素の輝度が「高」の状態を「+」の記号を用いて示すことにしている。

【0027】さらにまた、中心画素と、その周囲8画素の輝度値との関係が、前記した(4)の場合、すなわち、周囲の画素の輝度値と中心画素の輝度値との関係が、前記の(1)~(3)の関係以外の場合には、隣接す

る両マスクの閾値による輝度値の中間値とする、場合の例は、図21における右端に図示してある点線枠中の9個の画素によって示されているが、このような場合における中心画素の輝度値は「中間」とされ、図22以降の図中では図示の簡略化のために、中心画素の輝度が「中間」の状態を「=」の記号を用いて示すことにしている。図22は前記した「・」「-」「+」「=」の記号を用いて、図20に示されている各画素の輝度値の関係を図示したものであり、また、図24の(a)~(1)は中心画素と、その周囲8画素の輝度値との関係と、前記した記号の使用の仕方が明瞭に理解できるように、輝度値を高さ方向にとって立体的に示した説明図である。

【0028】次に、輝度値不定領域については領域中心線(スケルトン)、すなわち、領域端部から等距離の点群を抽出して、前記した領域中心線上の画素の輝度値を隣接する両マスクの閾値による輝度値の中間値とする。図25乃至図28は、前記の過程を説明している図である。図25は図22中で記号「・」を用いて示されている不定領域だけの修正前の輝度値であり、また、図26は不定領域から抽出したスケルトンをアスタリスク

「*」で示すとともに、スケルトン以外の画素を「・」で示したものであり、さらに図27は不定領域の中心線上の画素に中間マーク $=$ と中間輝度値とを付けた状態の図であり、図28は既述した約束に従って付された全マークを使用して各画素の輝度値を示している図である。

【0029】ところで、画素の輝度値が「中間レベル」、「中間輝度-」、「中間輝度+」の各場合における輝度値の関係は、図18の(a)に示されている。図18の(a)において、既述した隣接するマスクの閾値の差、すなわち、 i 番目の閾値と、 $i+1$ 番目の閾値との差は d であるとして示されている。そして、図18の(a)中に示されている中間レベルは、前記した隣接するマスクの閾値によって定められている輝度値の中間の輝度値とされており、また、図18の(a)中に示されている低レベル「中間輝度-」の輝度レベルは、前記した中間レベルから $d/3$ だけ低い輝度レベルとされており、さらに、図18の(a)中に示されている高レベル「中間輝度+」の輝度レベルは、前記した中間レベルから $d/3$ だけ高い輝度レベルとされている。そして図18の(b)の右方には、各マスク番号毎に、それぞれ、中間レベル、低レベル、高レベルの値や、表示記号等を示してある。

【0030】図29は、図18の(b)に示されている各マスク番号毎の中間レベル、低レベル、高レベルの値を用いて示した各画素の輝度値である。この図29には未だ画素の輝度値が「不定」とされており、不定マーク「・」によって示されている画素が存在している。前記のように、領域中心線上の画素の輝度値を隣接する両マスクの閾値による輝度値の中間値とした後に、残された輝度値不定画素の輝度値については、図31に示されて

いるように、前記した輝度値不定の画素 p_x の一定方向の両延長線端にある既知輝度の画素 (p_1 , p_2 , あるいは p_3 , p_4) の輝度値と距離 (L_1 , L_2 , あるいは L_3 , L_4) とを用いて 1 次補間法によって輝度値を決定したり、あるいは前記した輝度値未定画素の輝度値を、輝度値未定の画素の各異なる方向における各一定方向の直線の両延長線端にある既知輝度の画素の輝度値と距離とを用いて 1 次補間法によって得た輝度値の平均値によって決定したり、もしくは前記の残る輝度値未定画素の輝度値を、輝度値未定の画素の近傍の輝度値が既知の 3 画素を用いて行なった面補間値によって決定する。それにより、すべての画素の輝度値が決定された図 30 に例示されているような再生画像が得られることになる。

【0031】さて、これまでに図 13 乃至図 31 を参照して説明して来た輝度成分についての圧縮伸張動作の内の輝度成分の圧縮動作は、本発明のカラー画像の圧縮伸張方法を適用したカラー画像圧縮伸張装置における圧縮側の構成例を示している図 1 乃至図 3 中の特定輝度レベル情報の抽出部 3、輝度メモリ 4、等輝度線トレーサ 5、多角形近似アドレスリスト 6 等の各構成部分において行なわれ、また、圧縮された輝度成分の伸張動作は、本発明のカラー画像の圧縮伸張方法を適用したカラー画像圧縮伸張装置における伸張側の構成例を示している図 4 中の多角形近似アドレスリスト 22、輝度成分再生器 23、輝度メモリ 24 等の各構成部分において行なわれる。

【0032】前記した図 1 乃至図 3 において、カラー画像信号を発生する画像源 1 (画像信号源 1)、例えば撮像装置 (カラー TV カメラ) あるいは VTR から出力された輝度信号 (輝度成分) と、色差信号 (色差成分) とはアナログデジタル変換器 2 に供給されて、アナログデジタル変換器 2 では、1 画像分毎の輝度信号について、それぞれ画像の横、縦方向毎に、それぞれ所定の画素数 (例えば画像の横方向には 512 画素、画像の縦方向には 480 画素) に、それぞれ分解した状態の 1 画素毎に、所定のビット数 (例えば 8 ビット) のデジタル輝度成分 Y を生成し、それを特定輝度レベル情報の抽出部 3 に供給し、色差成分 (色差成分 U として表わす $B-Y$ 、及び色差成分 V として表わす $R-Y$) によるデジタル信号は、カラーメモリ 7 に供給される。

【0033】周知のように、人間の目の分解能は光の波長によって異なっており、無彩色に対する分解能に比べて、有彩色に対する分解能が小さいことに着目して、例えばカラーテレビジョン方式等においては、カラー画像の輝度成分の周波数帯域に比べて色差成分の周波数帯域を狭くするなどのことが広く行なわれて来ていて、既述した画像源 1 で発生される輝度成分や色差成分も、輝度成分による画素数の方が、色差成分による画素数よりも多くなる状態とされていることが通常である。しかし、本発明のカラー画像の圧縮伸張方法においては、輝度成

分における特徴点の色差成分値を採用するようにしているために、輝度成分による画素数と色差成分による画素数とが同一な状態、または輝度成分による画素数と色差成分による画素数とが同一な状態と等価な状態にされることが必要である。それで、輝度成分に比べて画素数の少ない色差成分についてサブサンプルにより x , y の座標値をそれぞれ $1/2$ にして色差成分が取り出せるようにしたり、あるいは図 8 に例示されているような補間計算によって色差成分値が得られるようにする。

【0034】アナログデジタル変換器 2 から輝度成分 Y が供給された特定輝度レベル情報の抽出部 3 では、予め定められた輝度閾値で、圧縮の対象にされている画像情報を 2 値化して出力させるとともに画素アドレスも出力させる。すなわち、特定輝度レベル情報の抽出部 3 に供給された輝度成分 Y は、例えば比較器 (マグニチュードコンパレータ) において、輝度閾値設定部から供給されている特定な輝度閾値と比較されることにより、前記の閾値と対応して発生した輝度信号 Y の 2 値化出力が送出される。前記の輝度閾値設定部は、ROM、DIP スイッチ、ヒューズアレイ等により 2 進数で所定の輝度閾値が設定されるようにしてある。前記した特定輝度レベル情報の抽出部 3 から出力された輝度成分の 2 値化出力は、輝度メモリ 4 に記憶 (格納) され、前記した 2 値メモリ 4 に格納された輝度成分の 2 値化出力は、等輝度線トレーサ 5 に設けられているアドレスカウンタから出力される 2 値メモリアドレス出力によって指定されたアドレスにより読出されて等輝度線トレーサ 5 に供給される。

【0035】等輝度線トレーサ 5 では、既述した図 13 中に示されているような 2 値化された画素群について、ラスタの走査順に従って画面の左上隅から走査を開始して走査を行なって行き、最初の境界を発見したら、その点を始点として特定な輝度値の画素の輪郭の追跡を開始して、追跡方向の左側に高輝度面がくるようにした場合に、追跡開始方向が水平走査方向に一致する場合 (CW …時計まわり) と、追跡開始方向が垂直走査方向に一致する場合 (CCW …反時計まわり) との何れかにより、画素の輪郭を追跡して、等高線情報の出力信号 (アドレスストローブ) を発生して出力するとともに、前記した特定な輝度値の画素の輪郭の追跡における歩進履歴 (水平走査方向の位置の変化、垂直走査方向の位置の変化) の情報を、アドレスカウンタに供給して、前記した歩進履歴により追跡アドレス列を逐次、等高線アドレス出力として送出する。

【0036】等輝度線トレーサ 5 から出力された等輝度線情報 (等高線情報) の出力信号 (アドレスストローブ) と、等輝度線アドレス (等高線アドレス) 出力とは、既述の図 15 に例示するように、特定輝度境界を構成する各画素の中心位置に、特定等輝度線通過点座標を移動された状態のものとされていて、それが多角形近似

アドレスリスト 6 に供給される。前記の多角形近似アドレスリスト 6 の具体的な構成例を示している図 3 2 において、入力端子 6 a には、等輝度線トレーサ 5 から出力された特定輝度境界を構成する各画素の中心位置のアドレス情報が入力される。そして、多角形近似アドレスリスト 6 の入力端子 6 a に供給された特定輝度境界を構成する各画素の中心位置のアドレス情報は、端点アドレスレジスタ 6 2 とシフトレジスタ 6 4 とに供給される。前記した端点アドレスレジスタ 6 2 の出力は補間アドレス演算器 6 3 に供給されているが、前記した補間アドレス演算器 6 3 には、シフトレジスタ 6 4 における第 1 番目の蓄積区分のアドレス情報も与えられている。

【0037】前記の補間アドレス演算器 6 3 では、既述した各特徴点と補間直線との距離を簡略値に置き換えて比較するために、今、画像の水平走査方向を X h 軸、垂直走査方向を Y v 軸としたときに、前記の各特徴点と前記の水平走査方向 X h 軸（または垂直走査方向 Y v 軸）のアドレスにおける、前記の補間直線上における垂直走査方向 Y v 軸のアドレス値（または水平走査方向 X h 軸のアドレス値）の比較を行なうためのアドレスを算出する。この対応軸の切換えは、前記の補間直線と水平走査方向 X h 軸との交差角度をもって行ない、1 画素が正方形であるという前提の下にその閾値を 45 度とする。

【0038】すなわち、前記の補間直線と水平走査方向 X h 軸との交差角度の絶対値が 45 度以下（または、それ以外）のときは、前記したシフトレジスタ 6 4 における第 1 番目の蓄積区分に対して順次に入力されて、前記したシフトレジスタ 6 4 における順次の蓄積区分に対して順次に保持される等高線アドレス情報と、水平走査方向 X h 軸（または垂直走査方向 Y v 軸）アドレスが対応する位置の補間アドレス群（端点アドレスとシフトレジスタ 6 4 における第 1 番目の蓄積区分における順次のアドレス情報とによって算出したアドレス値）を補間アドレスとしてレジスタ 6 5 に供給する。

【0039】そして前記したシフトレジスタ 6 4 に順次に記憶された順次の等高線画素アドレスとレジスタ 6 5 に順次に記憶された補間アドレスとは、図 3 2 に示されているように互いに対応するものが、比較抽出器 C2, C3...Cn に供給されている。前記した各比較抽出器 C2, C3...Cn では、それに供給された等高線画素アドレスとレジスタ補間アドレスとを比較した結果として得られる差の絶対値が、予め定められた値を超えた状態のときに、出力を特徴点アドレスレジスタ 6 6 に与えて、その特徴点のアドレス値を特徴点アドレスレジスタ 6 6 に記憶させる。それと同時に、前記の特徴点のアドレス値を、新規の端点アドレス値として前記した端点アドレスレジスタ 6 2 に与える。

【0040】図 3 2 に例示されている多角形近似アドレスリスト 6 における入力端子 6 a に、等輝度線トレーサ 5 から供給された特定輝度境界を構成する各画素の中心

位置のアドレス情報が、追跡開始点アドレス情報であって、多角形近似アドレスリスト 6 における動作が開始されたとすると、前記した追跡開始点アドレス情報が端点アドレスレジスタ 6 2 に記憶されると同時に、シフトレジスタ 6 4 の第 1 の蓄積区分 1 にも記憶される。前記した多角形近似アドレスリスト 6 には、前記した等輝度線トレーサ 5 から出力された順次の等高線アドレス群が供給されているから、前記のシフトレジスタ 6 4 の各蓄積区分 1, 2, 3...n における記憶内容が次々にシフトして行く。

【0041】しかし、前記した端点アドレスレジスタ 6 2 の記憶内容は、まだ変化していないので、補間アドレス演算器 6 3 に前記したシフトレジスタ 6 4 における第 1 番目の蓄積区分 1 から供給されているシフトレジスタ 6 4 における第 1 番目の蓄積区分 1 の記憶内容だけが更新された直線補間値アドレス群を出力する。前記のように、一群の直線補間値アドレス群が出力される毎に、前記直線の傾斜を考慮しながら、前記したシフトレジスタ 6 4 における各蓄積区分 1, 2, ...n と、水平（または垂直）方向アドレスが対応する補間値アドレス群を、レジスタ 6 5 の蓄積区分 2, 3, 4...n に出力する。

【0042】前記したシフトレジスタ 6 4 における各蓄積区分 2, 3, 4...n と、レジスタ 6 5 の蓄積区分 2, 3, 4...n との間に、それぞれ個別に設けられた比較抽出器 C2, C2, C3...Cn からは、各比較抽出器 C2, C2, C3...Cn に対して前記したシフトレジスタ 6 4 の各蓄積区分 2, 3, 4...n と、レジスタ 6 5 の蓄積区分 2, 3, 4...n とから個別に供給されている 2 つの入力情報の差の絶対値（画面上では、等高線と補間直線との距離に相当する）が、予め定められた閾値を超えた状態における等高線アドレスの点を特徴点として、それを特徴点アドレスレジスタ 6 6 に格納する。

【0043】前記した多数の比較抽出器 C2, C2, C3...Cn の内の複数の比較抽出器から、同時に特徴点の情報が出力された場合には、端点アドレスレジスタ 6 2 に格納されていたアドレス値に近い側の等高線アドレスを、新しい端点アドレスとして採用して、そのアドレス値を特徴点アドレスレジスタ 6 6 に格納し、また、その新しい端点アドレスを端点アドレスレジスタ 6 2 に格納させる。前記の場合に複数の特徴点アドレスが消滅することが生じても、それを特徴点アドレスとして復元する必要はない。多角形近似アドレスリスト 6 から出力される特徴点アドレス群は、マルチプレクサ 1 3 を介して符号化器 1 4 に与えられるが、前記の符号化器 1 4 には、後述されている色差成分の信号処理系からマルチプレクサ 1 3 を介して色差成分も供給されており、前記の符号化器 1 4 では、それに供給された信号に対して、例えば、ハフマン符号化等の公知高効率符号化を行なって、伝送回線（または記録媒体）1 4 を介して受信側（または再生側）に伝送（または記録）する。

10

20

30

40

50

【0044】なお、これまでは各異なる輝度閾値毎の特徴点アドレス群の検出が、既検出の特徴点画素から等高線（3次元的な輝度情報の場合には等高面）に従って、ある方向に辿って行った画素との間の仮想的直線に対して、前記した両画素間の画素で、ある閾値距離を越えた距離を示す画素を特徴点であると判定するようにして行なわれる場合についての説明が行なわれたが、各異なる輝度閾値毎の特徴点アドレス群の検出が、前記とは異なり、輝度閾値の等輝度線（等高線）（3次元的な輝度情報の場合には等輝度面）の曲率の正負の極大点の画素、または前記した等高線（3次元的な輝度情報の場合には等高面）の曲がり角、予め定められた閾値角度を越えている場合の画素を特徴点であると判定して、特徴点が決定されるようにしてもよい。

【0045】図1乃至図3中に示されている特定輝度レベル情報の抽出部3→輝度メモリ4→等輝度線トレサ5→多角形近似アドレスリスト6などによって示されている輝度成分に対する信号処理系の構成部分は、予め定められた輝度閾値を異にしている複数の等輝度線毎に特徴点アドレス群が検出できるような構成態様とされている。この点はカラーメモリ7とマルチプレクサ13との間に構成されている後述の色差成分の信号処理系の構成部分についても同様である。

【0046】これまでの説明は、カラー画像信号を発生する画像源1（画像信号源1）から出力される原画像情報が、図5に例示されているように輝度信号（輝度成分）Yと、色差信号（色差成分）U、Vとからなる場合に、図6に例示されているように輝度成分Yにおける特定輝度レベルの等高線（特定な閾値について得た等輝度線）について特徴点を得て多角形近似を行なって輝度成分を圧縮する場合に関するものであり、特徴点情報として図6に例示されている座標点列（ x_1, y_1 ）、（ x_2, y_2 ）、（ x_3, y_3 ）、（ x_4, y_4 ）、（ x_5, y_5 ）を得るようにすることに関するものであった。

【0047】そして、カラー画像信号を発生する画像源1（画像信号源1）から出力される原画像情報が、前記のように輝度成分Yと、色差成分U、Vとの3種類である場合には、前記の2つの色差成分U、Vについての画像情報の圧縮に際しても、輝度成分Yに対して行なわれた既述のような画像情報の圧縮の場合と同一の手法を適用し、それぞれ複数の等高線毎に特徴点群を求めて、それらの座標点列を得るようにすれば良いが、そのようにした場合には特徴点の個数が多くなり、また多角形近似により色ずれが発生すること等が問題になることは既述のとおりであるので、本発明のカラー画像の圧縮伸張方法においては、前記の2つの色差成分U、Vについての画像情報の圧縮に際しては、輝度成分Yについて得た特徴点群における各特徴点の位置を、そのまま用いて、その位置における色差成分値を伝送、記録、画像復元に用いるようにして、前記の問題点を解決したのである。

【0048】前述のように本発明のカラー画像の圧縮伸張方法では、2つの色差成分U、Vについての画像情報の圧縮に際して、輝度成分Yについて得た特徴点群における各特徴点の位置を、そのまま用いるようにしている点について、あるいは、カラー画像において輝度値と、色とは、一般的に無関係の筈だから、前記のようなやり方は妥当ではないのでは、とも考えられるが、色々なカラー画像について実験を行なった結果によると、自然画については前記のような本発明のカラー画像の圧縮伸張方法を適用して圧縮伸張を行なっても良好な結果が得られることが明らかになっている。

【0049】図7は、本発明のカラー画像の圧縮伸張方法において、カラー画像における2つの色差成分U、Vについての各特徴点（図7中では符号 $u_1, u_2 \dots u_5, v_1, v_2 \dots v_5$ を用いて指示してある）として、カラー画像の輝度成分Yについて得た図6に示す特徴点群の座標点列（ x_1, y_1 ）→（ x_2, y_2 ）→（ x_3, y_3 ）→（ x_4, y_4 ）→（ x_5, y_5 ）におけるそれぞれの座標点（ x_1, y_1 ）、（ x_2, y_2 ）、（ x_3, y_3 ）、（ x_4, y_4 ）、（ x_5, y_5 ）が用いられることを図示説明している図であって、図7には色差成分Uにおける各特徴点の色差成分値 $u_1, u_2 \dots u_5$ と、色差成分Vにおける特徴点の色差成分値 $v_1, v_2 \dots v_5$ とを、それぞれ例示してある。

【0050】それで、本発明のカラー画像の圧縮伸張方法においてカラー画像は、予め設定された閾値によって定められた特定な輝度値毎の等輝度線（ループ）上の多角形近似で得た図6に例示されているような特徴点の座標点列における各座標値（ x_1, y_1 ）、（ x_2, y_2 ）、（ x_3, y_3 ）、（ x_4, y_4 ）、（ x_5, y_5 ）と、前記の各座標値（ x_1, y_1 ）、（ x_2, y_2 ）、（ x_3, y_3 ）、（ x_4, y_4 ）、（ x_5, y_5 ）に該当する画素の色差成分Uの色差成分値 $u_1, u_2 \dots u_5$ と、色差成分Vの色差成分値 $v_1, v_2 \dots v_5$ とからなる4元のデータ列（ x_1, y_1, u_1, v_1 ）、（ x_2, y_2, u_2, v_2 ）、（ x_3, y_3, u_3, v_3 ）、（ x_4, y_4, u_4, v_4 ）、（ x_5, y_5, u_5, v_5 ）、すなわち、輝度値毎のループの特徴点に色差成分値を付加した状態で圧縮符号化されることになる。

【0051】前記のように、カラー画像の輝度成分Yについて得た特徴点群の座標点列（ x_1, y_1 ）→（ x_2, y_2 ）→（ x_3, y_3 ）→（ x_4, y_4 ）→（ x_5, y_5 ）におけるそれぞれの座標点（ x_1, y_1 ）、（ x_2, y_2 ）、（ x_3, y_3 ）、（ x_4, y_4 ）、（ x_5, y_5 ）が、カラー画像における2つの色差成分U、Vについての各特徴点としても用いられる場合には、色差成分の画素数を、輝度成分の画素数と同じ状態にすることが必要とされ、そのために、既述のように例えば、 x, y の座標値を $1/2$ にしたものをアドレスとして、色差成分値を取出したり、あるいは図8に例示してあるような補間計算を行なって、色差成分を輝度成分と同等の画素数に展開した場

合の値を求めて色差成分値とする。

【0052】本発明のカラー画像の圧縮伸張方法による圧縮符号化によって得られる4元のデータ列 $(x1, y1, u1, v1)$, $(x2, y2, u2, v2)$ …中の色差成分値のデータの情報は、復元画像の品質に悪影響を及ぼさない範囲で、できるだけ少ないことが望まれることはいうまでもない。そのために、本発明のカラー画像の圧縮伸張方法では、等輝度線の各特徴点における各色差成分値について誤差の許容値(許容値)を設定して、特徴点における色差成分値が誤差の許容値を超えない場合には、その特徴点の色差成分値を、その特徴点の前の特徴点の色差成分値と同じ値として、色差成分値の発生頻度を減少させるようにしている。

【0053】前記のように、等輝度線の各特徴点における各色差成分値について設定されるべき誤差の許容値は、伝送される情報量と、復元画像に求められる画質とに応じて、経験的に与えられるものである。まず、等輝度線における特徴点の内で各ループの開始点 $(x1, y1)$ における色差成分 u, v の色差成分値 $u1, v1$ を初期値とする。次に、前記した開始点 $(x1, y1)$ の特徴点(第1番目の特徴点)の次の第2番目の特徴点 $(x2, y2)$ における色差成分 u, v の色差成分値 $u2, v2$ と、前記した第1番目の特徴点における色差成分 u, v の色差成分値 $u1, v1$ との差を求めて、前記した色差成分値の差の値が、設定されている許容値を超えていない場合には、前記した第2番目の特徴点 $(x2, y2)$ における色差成分 u, v の色差成分値として、前記した第1番目の特徴点 $(x1, y1)$ における色差成分 u, v の色差成分値 $u1, v1$ の値をそのまま色差成分値の代表値として用いるようにし、また、第1番目の特徴点における色差成分値と第2番目の特徴点における色差成分値との差の値が、設定されている許容値を超えていた場合には、前記した第2番目の特徴点 $(x2, y2)$ における色差成分 u, v の色差成分値 $u2, v2$ を新しい色差成分値の代表値に決定する。

【0054】前記のようにして、第2番目の特徴点における色差成分値の代表値が決定した後に、第3番目の特徴点における色差成分 u, v の色差成分値 $u3, v3$ と、前記した第2番目の特徴点 $(x2, y2)$ について決定した色差成分値の代表値との差を求める。前記した色差成分値の差の値が、設定されている許容値を超えていない場合には、前記した第3番目の特徴点 $(x3, y3)$ における色差成分 u, v の色差成分値として、前記した第2番目の特徴点 $(x2, y2)$ について決定している色差成分 u, v の色差成分値の代表値をそのまま用いるようにし、また、第2番目の特徴点における色差成分値の代表値と第3番目の特徴点における色差成分値との差の値が、設定されている許容値を超えていた場合には、前記した第3番目の特徴点 $(x3, y3)$ における色差成分 u, v の色差成分値 $u3, v3$ を新しい代表値に決定す

る。

【0055】第4番目以降ループ終了点の各特徴点における色差成分 u, v の色差成分値の代表値の決定についても、第1番目～第3番目の特徴点における色差成分 u, v の色差成分値の代表値の決定のやり方と同様にして、順次の特徴点における色差成分 u, v の色差成分値の代表値を決定して行く。図12は、前述した許容値を5に設定し、等輝度線上の12の特徴点の色差成分値の代表値が順次に設定される状態を例示した図であり、この図12の例において、色差成分 u の値は特徴点1, 6, 7, 10, 12で変化しており、また色差成分 v の値は特徴点1, 6, 7, 10で変化している。前記の例のように等輝度線の各特徴点における各色差成分値について許容値を設定して、特徴点における色差成分値が許容値を超えない場合には、その特徴点の色差成分値を、その特徴点の前の特徴点の色差成分値と同じ値として、色差成分値の発生頻度を減少させることができるので、伝送量の削減が実現できることになる。

【0056】図6乃至図8及び図12等を参照して行なわれて来たこれまでの説明は、本発明のカラー画像の圧縮伸張方法による圧縮符号化が、予め設定された閾値によって定められた特定な輝度値毎の等輝度線(ループ)上の多角形近似で得た図5に例示されているような特徴点の座標点列における各座標値 $(x1, y1)$, $(x2, y2)$, $(x3, y3)$, $(x4, y4)$, $(x5, y5)$ と、前記の各座標値 $(x1, y1)$, $(x2, y2)$, $(x3, y3)$, $(x4, y4)$, $(x5, y5)$ に該当する画素の色差成分 U の色差成分値 $u1, u2, \dots, u5$ と、色差成分 V の色差成分値 $v1, v2, \dots, v5$ とからなる4元のデータ列 $(x1, y1, u1, v1)$, $(x2, y2, u2, v2)$, $(x3, y3, u3, v3)$, $(x4, y4, u4, v4)$, $(x5, y5, u5, v5)$ の状態、すなわち、輝度値毎のループの特徴点に色差成分値を付加した状態で行なわれる場合についての実施の態様であったが、本発明の実施に当っては、特徴点に付加された色差成分値を、ある単位でまとめて得た色差成分値群を用いて実施されてもよい。

【0057】前記のように、特徴点に付加させる色差成分値を、ある単位でまとめて得た色差成分値群を用いて本発明を実施する場合における色差成分値群は、例えば、特定な輝度値毎の等輝度線(ループ)における各単独のループ、または同一の輝度値毎にまとめた複数のループ、あるいは1フレーム内のすべてのループ、等から適当なものが採用されてよい。また、前記した色差成分値群に含まれる色差成分値を表現させるには、既述した色差成分値を、そのまま使用する方法の他に、例えば、特徴点間の相関を利用して、1つ前の色差成分値との差分値を得て、色差成分値の差分値リストを符号化の対象にすることもできる。このように、色差成分値の差分値を採用した場合には、統計的に原情報に比べてビット配分が少なく済むという利点を得られる。

【0058】前記した色差成分値の差分値リストを用いる場合においても、既述したような誤差の許容値を設定して、新たに得た色差成分値の差分値と、1つ前の色差成分値の差分値との差が、設定されている誤差の許容値を超えない場合には、1つ前の色差成分値の差分値を、そのまま色差成分値の差分値の代表値として採用し、また、新たに得た色差成分値の差分値と、1つ前の色差成分値の差分値との差が、設定されている誤差の許容値を超えた場合には、新たな色差成分値の差分値を、色差成分値の差分値の代表値として採用することができ、この場合にも色差成分の差分値の伝送回数を減少させることができる。前記した色差成分値の差分表現のステップを対数的にとり、小さな差分に対してはステップを細かに、また、大きな差分に対してはステップを粗くする対数差分法を適用することもできる。

【0059】次に、前記した色差成分値をベクトル量子化する場合には、色差成分値の(u, v)を2次元のベクトルとみなして、ベクトル空間内に分布する色差成分値群について密集する群の幾つかに絞って代表ベクトルを決定し、前記した代表ベクトルに番号を与えるとともに、その番号と各代表ベクトルの成分値の対応表(コードブック)を伝送、記録する。また、ベクトル量子化を行なう場合にも、代表ベクトルを決定する際の前処理として、既述のような誤差の許容値の設定による色差成分値の変更を組み合わせることにより、ベクトル量子化の効果を上げることが可能となる。

【0060】図1乃至図3に示す本発明のカラー画像の圧縮伸張方法を適用して構成したカラー画像の圧縮伸張装置における圧縮側の構成例において、既述した多角形近似アドレスリスト6からは、色差成分値読出補間器8に対して各特徴点座標のデータが供給されている。前記の色差成分値読出補間器8は、色差成分値データがサブサンプルされている場合にも対応して、カラーメモリ7にアクセスできるようなアドレス変換と、カラーメモリ7から読出された色差成分値に対する補間計算を行なう。そして、カラーメモリ7から読出された色差成分値に、色差成分値読出補間器8において補間計算が行なわれた状態の色差成分値は色差成分値リスト9に与えられる。

【0061】図1に示されているカラー画像の圧縮伸張装置における圧縮側の構成例においては、前記した色差成分値リスト9の色差成分値は、誤差許容値設定部11に設定されている誤差の許容値(許容値)と判定器10において比較される。前記の判定器10では、順次の特徴点について図12を参照して既述したように、前記した誤差許容値設定部11に設定されている誤差の許容値(許容値)と、等輝度線上の順次の特徴点の色差成分値との相対的な大きさの関係によって、順次の特徴点における色差成分値の代表値が決定されることにより、前記した誤差許容値以下の差が無視されて値がならされた状

態の色差成分値が出力されて、前記の色差成分値は色差成分値リスト12を介してマルチプレクサ13に供給される。

【0062】また、図2に示されているカラー画像の圧縮伸張装置における圧縮側の構成例においては、前記した色差成分値リスト9の色差成分値が差分変換器16に供給されると、差分変換器16では特徴点間の相関を利用して、1つ前の色差成分値との差分値を得て、それが色差成分値リスト17に与えられ、前記した色差成分値リスト17の色差成分値が、誤差許容値設定部11に設定されている誤差の許容値(許容値)と判定器10において比較される。前記の判定器10では、順次の特徴点について図12を参照して既述したように、前記した誤差許容値設定部11に設定されている誤差の許容値(許容値)と、等輝度線上の順次の特徴点の色差成分値との相対的な大きさの関係によって、順次の特徴点における色差成分値の代表値が決定されることにより、前記した誤差許容値以下の差が無視されて値がならされた状態の色差成分値が出力されて、前記の色差成分値は色差成分値リスト12を介してマルチプレクサ13に供給される。前記した色差成分値の差分表現のステップを対数的なものとして実施されてもよいことは当然である。

【0063】さらに、図3に示されているカラー画像の圧縮伸張装置における圧縮側の構成例においては、前記した図1に示されているカラー画像の圧縮伸張装置における圧縮側の構成例の場合と同様に、前記した色差成分値リスト9の色差成分値は、誤差許容値設定部11に設定されている誤差の許容値(許容値)と判定器10において比較される。前記の判定器10では、順次の特徴点について図12を参照して既述したように、前記した誤差許容値設定部11に設定されている誤差の許容値(許容値)と、等輝度線上の順次の特徴点の色差成分値との相対的な大きさの関係によって、順次の特徴点における色差成分値の代表値が決定されることにより、前記した誤差許容値以下の差が無視されて値がならされた状態の色差成分値が出力されて色差成分値リスト12に供給され、前記の色差成分値リスト12に供給された色差成分値は、ベクトル量子化器18に供給される。

【0064】前記したベクトル量子化器18では、色差成分値リストに含まれる色差成分値のベクトル空間内分布に基づいて、色差成分値の(u, v)を2次元のベクトルとみなして、ベクトル空間内に分布する色差成分値群について密集する群の幾つかに絞って代表ベクトルを決定し、前記した代表ベクトルに番号を与えて、それがベクトルコードリスト19を介してマルチプレクサ13に供給され、また、前記の番号と各代表ベクトルの成分値の対応表(コードブック)がベクトルコードブック20を介してマルチプレクサ13に供給される。

【0065】図1乃至図3に示す本発明のカラー画像の圧縮伸張方法を適用して構成したカラー画像の圧縮伸張

装置における圧縮側の構成例におけるマルチプレクサ 13 では、既述した多角形近似アドレスリスト 6 から供給された特徴点アドレス群と、前記した色差成分の信号処理系から供給された色差成分値の情報とを符号化器 14 に供給し、前記の符号化器 14 では、それに供給された信号に対して、例えば、ハフマン符号化等の公知高能率符号化を行なった符号化データとして、伝送回線（または記録媒体）14 を介して受信側（または再生側）に伝送（または記録）する。前記した符号化器 14 は、それに送信機能を持たせるように構成させたものが使用されてもよいし、あるいは、符号化器 14 に送信部を後続させるような構成態様としてもよい。図 1 乃至図 4 中において 15 は送信路あるいは記録媒体を示している。

【0066】次に、図 4 に示す本発明のカラー画像の圧縮伸張方法を適用して構成したカラー画像の圧縮伸張装置における伸張側の構成例について説明する。図 4 における復号化器 21 は、それに受信機能を持たせるように構成させたものが使用されてもよいし、あるいは、復号化器 21 に送信部を前置させるような構成態様とされていてもよい。送信路 15（あるいは記録媒体 15）から与えられた符号化データは復号化器 21 において復号された後に、輝度成分は多角形近似アドレスリスト 22 に供給され、また、色差成分は色差成分値リスト 25 に供給される。

【0067】前記した図 4 中における左方に記載されている端点アドレスレジスタ 23 と輝度メモリ 72 との間の構成部分では、それぞれ異なる特定な輝度閾値を用いて 2 値化された画像信号について圧縮された高能率符号化信号の内の特定な輝度閾値を用いて 2 値化された画像信号の高能率符号化信号についての信号処理を行なうのであるが、特徴点アドレスが、端点アドレスレジスタ 23 と端点アドレスレジスタ 24 とに格納されると、前記の端点アドレスレジスタ 23 と端点アドレスレジスタ 24 とから特徴点アドレスが、両端点アドレスとして多角形補間マスク生成器 68 に与えられる。前記の多角形補間マスク生成器 68 では、それに与えられた前記の 2 つの端点の直線補間画素のアドレスの算出を行なって、そのアドレス値をマルチポートの局部画像メモリ 67 に指定輝度で記入する。

【0068】次に、多角形近似アドレスリスト 22 から新しい特徴点アドレスが供給され、その新しい特徴点アドレスが端点アドレスレジスタ 23 に格納されるとともに、それまでに端点アドレスレジスタ 23 に格納されていた端点アドレスが、端点アドレスレジスタ 24 に移されて格納されると、多角形補間マスク生成器 68 ではそれに与えられた前記の 2 つの端点の直線補間画素のアドレスの算出を行ない、そのアドレス値をマルチポートの局部画像メモリ 67 に指定輝度で記入する。多角形補間マスク生成器 68 では、多角形近似アドレスリスト 22 から新しい特徴点アドレスが供給される度毎に、前記の

ような動作を行なって、次々の新補間線を算出して、順次のアドレスを局部画像メモリ 67 に指定輝度で記入する。

【0069】そして、前記の補間線によって閉曲線を完成させると、多角形補間マスク生成器 68 では、前記した局部画像メモリ 67 における前記の閉曲線の内部を明暗で塗りつぶして特定輝度レベルのマスクを生成させる。このようにして、特定な輝度値毎の等輝度線を得るための閾値毎に、前記の等輝度線を境界とする明領域を明記号で塗りつぶすとともに、前記の等輝度線を境界とする暗領域を暗記号で塗りつぶして明暗 2 値記号によるマスクが作成できる。前記した構成部分には、それぞれ異なる特定な輝度閾値を用いて 2 値化された画像信号について圧縮された高能率符号化信号の内のそれぞれ特定な輝度閾値を用いて 2 値化された画像信号の高能率符号化信号についての信号処理を行なうための複数組の信号処理部を備えているので、前記の各信号処理部で行なわれる信号処理動作によって、それぞれ異なる特定な輝度値毎の等輝度線を境界とする明領域を明記号で塗りつぶすとともに、前記の等輝度線を境界とする暗領域を暗記号で塗りつぶした図 19 に例示されているような複数のマスクが生成できる。

【0070】多角形補間マスク生成器 68 における前記の作業が終了した後に、多値決定オペレータ 69 と、スケルトン輝度決定器 70 が、前記した局部画像メモリ 67 の輝度面を、多値輝度化するように変更させるように動作する。すなわち、既述のように、再現される画像の品質の向上のために、輝度値の補間再現に当って、補間端点の輝度値を、前記のような単純なカテゴリーの中間値とすることなく、前記のマスクを閾値による輝度値の大きさの順序に配列し、隣接するマスクの間の領域を、前記した隣接する両マスクの閾値による輝度値の中間値で塗りつぶした後に、各画素の輝度値が、前記の各画素をそれぞれ中心画素とする周囲 8 画素の輝度値との関係が、

(1) 周囲の画素の輝度値が、中心画素の輝度値と等しいときには、中心画素の輝度値を未定とする。

(2) 周囲の画素の輝度値が、中心画素の輝度値より高くないときには、中心画素の輝度値を（隣接する両マスクの閾値による輝度値の中間値 - a）（ただし、a は正の値）とする。

(3) 周囲の画素の輝度値が、中心画素の輝度値より低くないときには、中心画素の輝度値を（隣接する両マスクの閾値による輝度値の中間値 + a）とする。

(4) 周囲の画素の輝度値と中心画素の輝度値との関係が、前記の(1)～(3)の関係以外の場合には、隣接する両マスクの閾値による輝度値の中間値とする。

という前記の(1)～(4)に示した条件の何れに該当しているのかに応じて決定するようにして、再現される画像の品質を向上できるようにするのである。

【0071】また、輝度値不定領域については領域中心線（スケルトン）、すなわち、領域端部から等距離の点群を抽出して、前記した領域中心線上の画素の輝度値を隣接する両マスクの閾値による輝度値の中間値とするように（図25～図28参照）スケルトン輝度決定器70が動作して、決定した輝度値を前記した局部画像メモリ67に記入する。多値決定オペレータ69と、スケルトン輝度決定器70とによる前記のような輝度決定作業が終了すると、輝度補間演算器71が輝度未定画素の輝度値を、例えば図18の（a）中に「中間レベル」、「中間輝度-」、「中間輝度+」として示してあるような輝度値の関係にある輝度値に決定したり、あるいは領域中心線上の画素の輝度値を隣接する両マスクの閾値による輝度値の中間値とした後に、残された輝度値不定画素の輝度値について、図31に図示説明してあるように、前記した輝度値不定の画素 p_x の一定方向の両延長線端にある既知輝度の画素（ p_1 、 p_2 、あるいは p_3 、 p_4 ）の輝度値と距離（ L_1 、 L_2 、あるいは L_3 、 L_4 ）とを用いて1次補間法によって輝度値を決定したり、あるいは前記した輝度値未定画素の輝度値を、輝度値未定の画素の各異なる方向における各一定方向の直線の両延長線端にある既知輝度の画素の輝度値と距離とを用いて1次補間法によって得た輝度値の平均値によって決定したり、もしくは前記の残る輝度値未定画素の輝度値を、輝度値未定の画素の近傍の輝度値が既知の3画素を用いて行なった面補間値によって決定する。前記のような信号処理が行なわれて伸張された輝度信号は、輝度メモリ72に格納される。前記した輝度メモリ72は2個のメモリがお互いに順次交互に書き込み動作と読み出し動作とを繰返すようにして動作している。前記の輝度メモリ72から読み出された輝度信号は映像信号発生器30に供給される。

【0072】一方、復号化器21によって復号された色差成分値のデータが供給されている色差成分値リスト25、及び、既述のように多角形近似アドレスリスト22から等輝度線上の特徴点の座標点列の座標のデータが供給されている特徴点アドレス及び色差成分リスト26や、線発生器27、補間演算器28、カラーメモリ29などによって構成されている信号処理部においては、図9に例示されているように等輝度線上の特徴点の座標点列を連結して線描画が行なわれたり、図10に例示されているように、端点の画素の色差成分値が各特徴点の色差成分値とされ、端点間の中間画素の色差成分値が両端点からの線形補間によって決定されたり、すべての等輝度線の特徴点による線描画、色差成分値の設定の後に、図11に例示されているように、色差成分値が未知の画素について、水平、垂直、斜の方向に、既知の色差成分値を持つ画素を探索して得られた周囲画素の値により、距離による線形補間を行なって色差成分値を決定する。

【0073】すなわち、前記した色差成分値リスト2

5、特徴点アドレス及び色差成分リスト26、線発生器27、補間演算器28、カラーメモリ29などで構成されている信号処理部では、特徴点アドレス及び色差成分リスト26において特徴点アドレスと色差成分リストとを組合わせて、それを線発生器27に与えることにより等輝度線上の色差成分値をカラーメモリ29に展開した後に、補間演算器28によって、残りの未知の色差成分値を補間によって求めて、カラーメモリ29内に色差成分を復元する。前記の動作が色差成分U、Vの双方について行なわれて、信号処理により伸張された色差信号がカラーメモリ29に格納される。前記したカラーメモリ29は2個のメモリがお互いに順次交互に書き込み動作と読み出し動作とを繰返すようにして動作していて、前記のカラーメモリ29から読み出された輝度信号は映像信号発生器30に供給される。

【0074】そして、前記の映像信号発生器30では、それに輝度メモリ72から供給された輝度信号と、カラーメモリ29から供給された色差信号とに基づいて特定な走査標準のテレビジョン方式に従う映像信号を発生し、それをモニタ受像機31に供給して、モニタ受像機の表示面上に再生画像を表示させる。

【0075】

【発明の効果】以上、詳細に説明したところから明らかなように、本発明のカラー画像の圧縮伸張方法は、カラー画像における画素密度の高低に拘らず、画像の持つ特徴点のみを抽出して画像情報の圧縮された画像データを得て、伸張に際しては別の画素密度面にも画像が描画できるような等輝度線を用いる方法を用いて、カラー画像を構成している輝度成分と色差成分との内の輝度成分における予め定められた特定輝度値毎に設定された等輝度線について特定な条件に合う特徴点の位置と輝度値と、前記した輝度成分の特徴点の位置の色差成分値とを伝送、記録、画像復元に用いるようにし、また、等輝度線の各特徴点における各色差成分値について許容値を設定して、特徴点における色差成分値が許容値を超えない場合には、その特徴点の色差成分値を、その特徴点の前の特徴点の色差成分値と同じ値として、色差成分値の発生頻度を減少させるようにしたものであるから、この本発明のカラー画像の圧縮伸張方法では輝度成分と色差成分との特徴点が共有されて、伝送情報量の削減が実現されることができ、また、色ずれ等による画像品質の劣化をなくすることができ、また、復元画像の品質に影響を及ぼさない程度の色差を代表値で置換えることにより、色情報を一層削減することができるためにカラー画像情報の高能率な圧縮を容易にできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のカラー画像圧縮伸張方法を適用したカラー画像圧縮伸張装置における圧縮側のブロック図である。

【図2】本発明のカラー画像圧縮伸張方法を適用したカ

ラー画像圧縮伸張装置における圧縮側のブロック図である。

【図 3】本発明のカラー画像圧縮伸張方法を適用したカラー画像圧縮伸張装置における圧縮側のブロック図である。

【図 4】本発明のカラー画像圧縮伸張方法を適用したカラー画像圧縮伸張装置における伸張側のブロック図である。

【図 5】カラー画像を構成している輝度成分と色差成分との説明図である。

【図 6】輝度成分における等輝度線上の特徴点の説明図である。

【図 7】等輝度線上の色差成分による特徴点の説明図である。

【図 8】輝度成分と色差成分との画素の関係を説明するための図である。

【図 9】伸張側における特徴点による線描画の説明図である。

【図 10】未知の画素の色差成分値の決定例を説明するのに用いられる図である。

【図 11】未知の画素の色差成分値の決定例を説明するのに用いられる図である。

【図 12】色差成分による代表値を説明するのに用いられる図である。

【図 13】圧縮の対象とされる 2 値画像を例示した平面図である。

【図 14】圧縮の対象とされる 2 値画像の輪郭を示す平面図である。

【図 15】圧縮の対象とされる 2 値画像の輪郭が画素中心を通過するように移動させた状態を示す平面図である。

【図 16】圧縮の対象とされる 2 値画像の多角形近似を説明するための平面図である。

【図 17】伸張された再生 2 値画像の画素分布を例示している平面図である。

【図 18】閾値を異にする輝度値のマスクと、中間レベル、高レベル、低レベルの説明のための図である。

【図 19】閾値を異にする輝度値のマスクの説明のための平面図である。

【図 20】画像の各画素の輝度値の分布図である。

【図 21】画像中の 1 つの画素の輝度値と、前記の 1 つの画素の周囲 8 画素の輝度値との関係によって定められ

る 4 つの状態を説明するために用いられる平面図である。

【図 22】画像の各画素の輝度値の分布図である。

【図 23】画像伸張を説明するために用いられる図である。

【図 24】画像中の 1 つの画素の輝度値と、前記の 1 つの画素の周囲 8 画素の輝度値との関係によって定められる特定な状態を説明するために用いられる立体図である。

【図 25】画像中の特定な条件の各画素の輝度値の分布例図である。

【図 26】画像中のスケルトンの分布例図である。

【図 27】画像中の特定な条件の各画素の輝度値の分布例図である。

【図 28】伸張過程の再生画像の各画素の輝度値の分布例図である。

【図 29】伸張過程の再生画像の各画素の輝度値の分布例図である。

【図 30】伸張された再生画像の各画素の輝度値の分布例図である。

【図 31】未知の画素の輝度値の決定例を説明するのに用いられる図である。

【図 32】圧縮側の信号処理部における多角形近似アドレスリストのブロック図である。

【符号の説明】

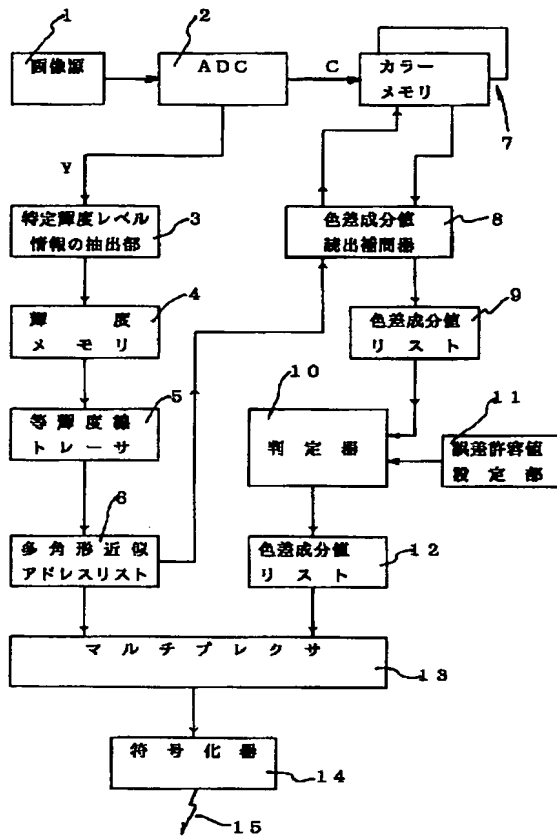
1…画像源（カラー画像の圧縮伸張の対象にされる画像信号の信号源）、2…アナログデジタル変換部（ADC）、3…特定輝度レベル情報の抽出部、4、7、2…輝度メモリ、5…等輝度線トレーサ、6…多角形近似アドレスリスト、7、2、9…カラーメモリ、8…色差成分値読出補間器、10…判定器、9、1、2、1、7、2、5…色差成分値リスト、1、1…誤差許容値設定部、1、3…マルチプレクサ、1、4…符号化器、1、5…伝送路（または記録媒体）、1、6…差分変換器、1、8…ベクトル量子化器、1、9…ベクトルコードリスト、2、0…ベクトルコードブック、2、1…復号化器、2、2…多角形近似アドレスリスト、2、3、2、4…端点アドレスレジスタ、2、6…特徴点アドレス及び色差成分リスト、2、7…線発生器、2、8…補間演算器、3、0…映像信号発生器、3、1…モニタ受像機、6、7…局部画像メモリ、6、8…多角形補間マスク生成器、6、9…多値決定オペレータ、2、0…スケルトン輝度決定器、7、1…輝度補間演算器、

【図 21】

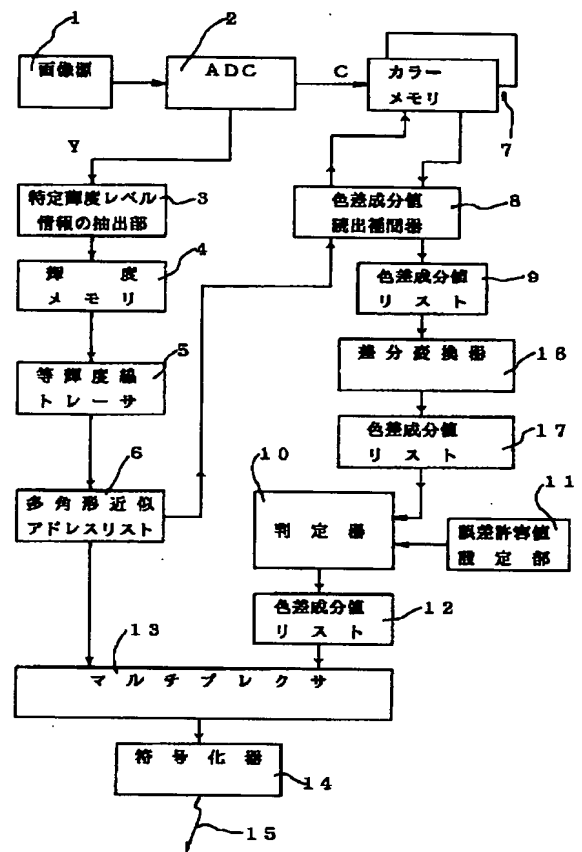
$\begin{array}{ccc} 4 & 4 & 4 \\ 4 & 4 & 4 \\ 4 & 4 & 4 \end{array} \rightarrow \begin{array}{ccc} 5 & 5 & 5 \\ 4 & 4 & 8 \\ 4 & 4 & 4 \end{array} \rightarrow -4 \quad \begin{array}{ccc} 5 & 5 & 4 \\ 4 & 4 & 5 \\ 4 & 4 & 4 \end{array} \rightarrow 4 \quad \begin{array}{ccc} 4 & 5 & 1 \\ 5 & 4 & 3 \\ 4 & 4 & 4 \end{array} \rightarrow 4$

(不定) (低) (高) (中間)

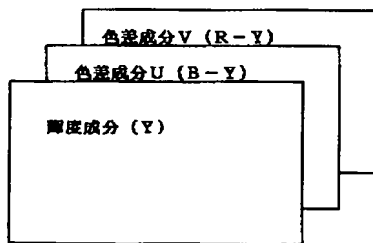
【図1】



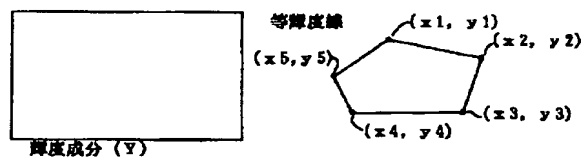
【図2】



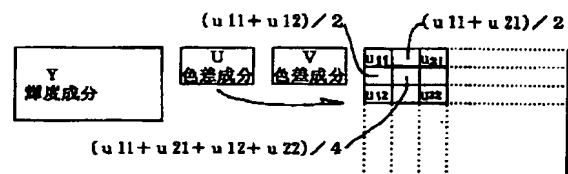
【図5】



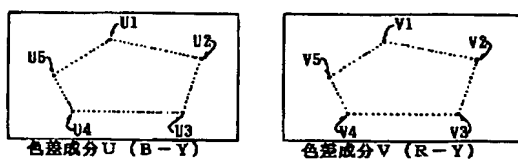
【図6】



【図8】



【図7】



【図12】

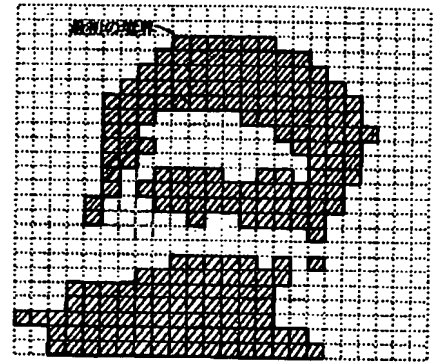
特徴点	x座標値	y座標値	色差成分 uの値	uの代表値 との差	代表値u
1	56	122	108	-	108
2	63	124	107	1	-
3	85	150	111	3	-
4	62	153	111	3	-
5	62	150	113	5	-
6	57	151	119	11	119
7	60	143	111	-8	111
8	58	140	115	4	-
9	54	143	115	4	-
10	56	148	119	8	119
11	54	143	115	4	-
12	58	126	112	7	112

(a)

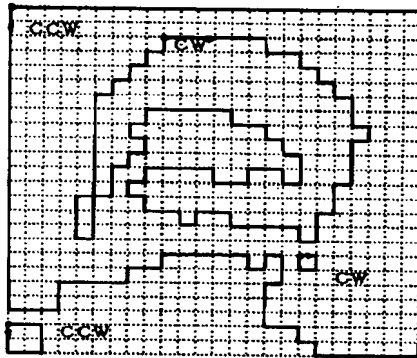
特徴点	x座標値	y座標値	色差成分 vの値	vの代表値 との差	代表値v
1	56	122	146	-	146
2	63	124	151	5	-
3	85	150	148	2	-
4	62	153	147	1	-
5	62	150	144	2	-
6	57	151	137	9	137
7	60	143	145	8	145
8	58	140	142	3	-
9	54	143	144	1	-
10	56	148	139	6	139
11	54	143	144	5	-
12	58	126	142	3	-

(b)

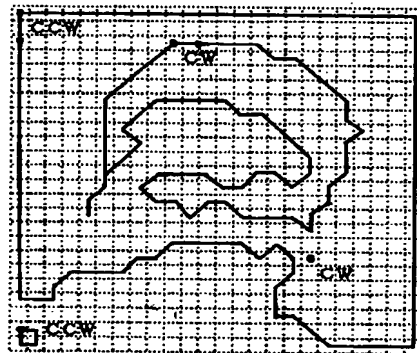
【図13】



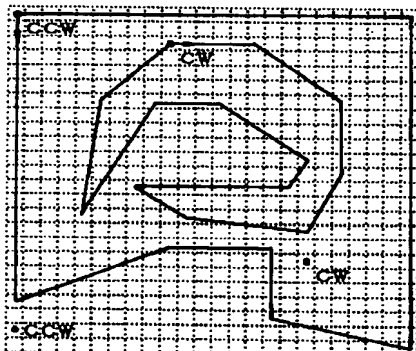
【図14】



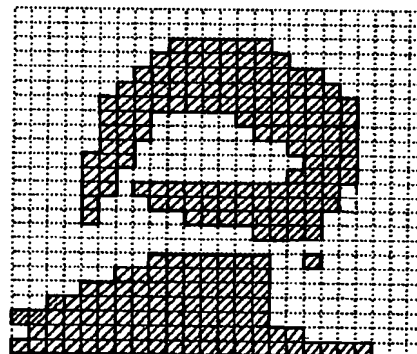
【図15】



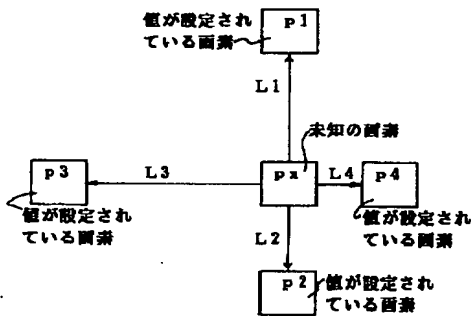
【図16】



【図17】

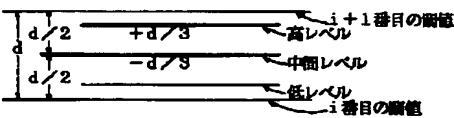


【図31】



【図18】

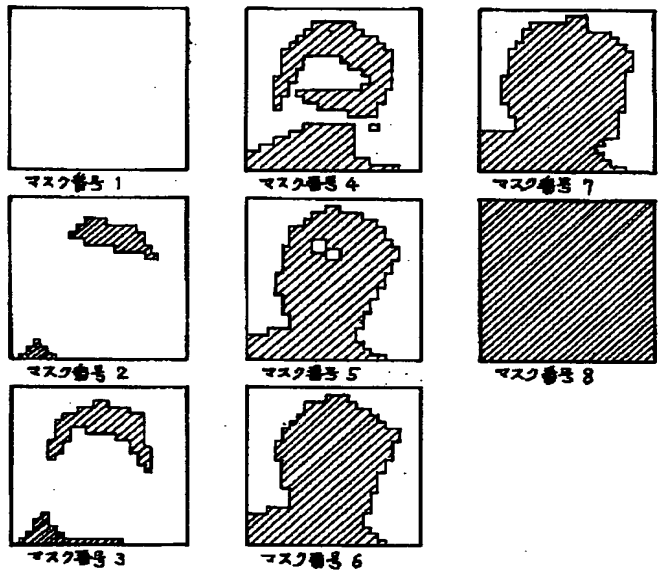
(a)



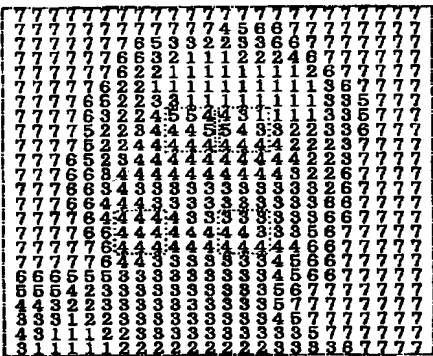
(b)

マスク番号8	240	8番目の階級	8 = 248
マスク番号7	210	7番目の階級	7 = 240
マスク番号6	180	6番目の階級	6 = 200
マスク番号5	150	5番目の階級	5 = 180
マスク番号4	120	4番目の階級	4 = 160
マスク番号3	90	3番目の階級	3 = 120
マスク番号2	60	2番目の階級	2 = 80
マスク番号1	30	1番目の階級	1 = 40
マスク番号0	00		0 = 0

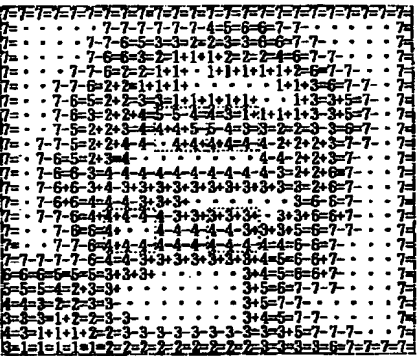
【図19】



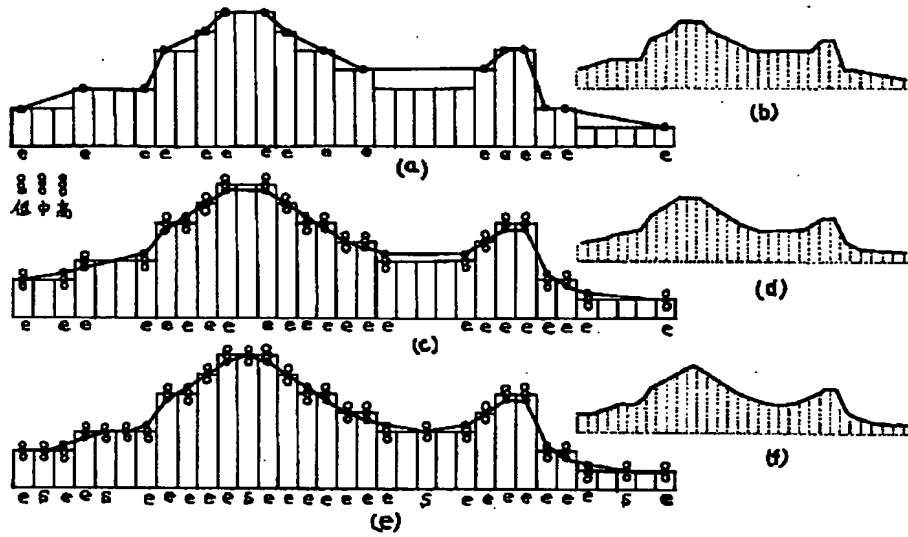
【図20】



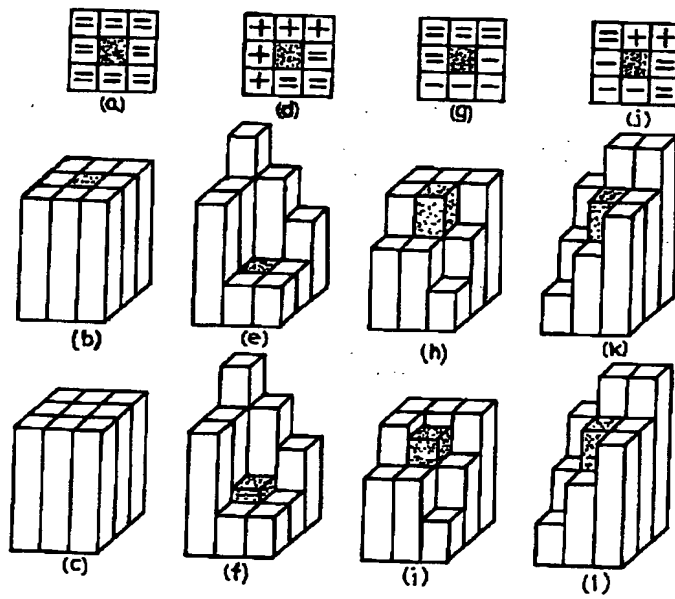
【図22】



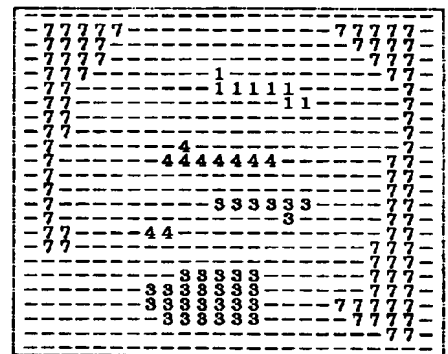
【図 23】



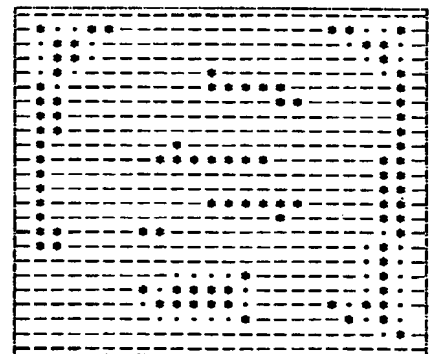
【図 24】



【図 25】



【図 26】



【图 27】

$7=.$ $7=7=$ $7=7=.$ $7=.$
 $7=7=.$ $7=7=.$ $7=7=.$ $7=.$
 $7=.$ $1=$ $7=.$
 $1=1=1=1=1=$ $7=$
 $7=7=.$ $1=1=$ $7=$
 $7=7=$ $1=1=$ $7=$
 $7=7=$ $7=$
 $7=$ $4=$ $7=7=$
 $4=4=4=4=4=4=$ $7=7=$
 $7=$ $7=7=$
 $7=$ $7=7=$
 $7=$ $3=3=3=3=3=3=$ $7=7=$
 $7=$ $3=$ $7=7=$
 $7=7=$ $4=4=$ $7=$
 $7=7=$ $7=.$
 $7=.$ $7=.$
 $7=.$ $7=.$
 $3=.$ $3=$ $7=$
 $3=3=3=3=$ $7=7=$
 $3=3=3=3=$ $3=$ $7=$
 $3=$ $7=$ $7=$
 $7=$

【图 28】

[illegible]

【图 29】

225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	
225	225	.	.	225	225	215	215	215	215	225	225	135	165	185	185	215	215	225	225	.	.	225	225	225	225	
225	.	225	225	.	215	215	195	185	105	105	75	75	105	105	185	185	215	215	.	225	225	.	225	225	225	
225	.	225	225	.	215	215	185	75	75	55	55	45	55	55	55	55	75	135	185	215	215	.	225	.	225	
225	225	.	215	215	185	85	75	55	55	55	45	45	45	45	45	55	55	105	195	215	215	225	225	225	225	
225	225	225	215	185	105	85	85	135	155	155	135	135	105	55	55	45	55	105	115	165	215	225	225	225	225	
225	225	225	215	165	85	85	105	135	145	145	155	155	135	105	75	75	95	105	185	215	225	225	225	225	225	
225	225	215	215	165	85	85	125	125	135	145	145	145	135	125	125	125	85	85	105	215	215	225	225	225	225	
225	225	215	195	165	85	105	125	135	135	135	135	135	135	125	125	125	85	85	105	215	225	225	225	225	225	
225	225	215	195	185	105	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	105	85	185	215	225	225	225	225	225	
225	225	215	205	185	115	125	115	115	115	115	115	115	115	115	115	105	105	85	185	215	225	225	225	225	225	
225	225	215	205	195	135	125	115	115	115	105	105	105	105	105	105	105	105	185	185	215	225	225	225	225	225	
225	225	215	215	185	145	125	125	125	115	115	115	115	115	115	105	115	115	185	205	215	225	225	225	225	225	
225	225	225	215	185	145	135	135	125	125	125	125	125	125	125	115	115	115	185	185	215	215	.	225	225	225	
225	225	225	215	195	145	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	135	135	145	185	215	.	225	.	225	225	
225	215	215	215	195	135	125	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	135	165	185	205	215	.	225	.	225
185	185	185	185	165	165	115	115	.	.	.	.	.	105	115	135	165	185	205	215	.	225	.	225	.	225
165	165	165	135	85	105	115	105	.	105	105	105	105	.	115	165	185	215	215	.	225	.	225	.	225	225	
135	135	105	75	75	85	85	.	105	105	105	105	105	.	115	165	215	215	225	.	225	.	225	.	225	225	
105	105	105	55	75	75	75	95	95	.	.	.	.	.	105	115	135	165	215	215	225	.	225	.	225	225
135	105	65	55	55	75	75	85	95	95	85	85	85	95	95	105	105	115	165	215	215	.	225	.	225	225	
105	45	45	45	45	45	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	105	105	185	215	225	225	225	225	225	

【图 30】

[illegible]

【図 32】

